鸦片战争前的中西火炮技术比较研究

潘　向　明

火炮，被称为“战争之神”，历来受到军事家的重视。火炮技术，在历史上曾经是中西文化交流的一个主要内容，经过相互学习，促进了彼此这方面技术的发展。如同其他任何事物一样，中国和西方的火炮技术都经历过一个从简单到复杂、由低级到高级的发展演变过程。但事物的发展又是不平衡的，时至 18 世纪末和 19 世纪前期，中国在这方面技术上却与西方相形见绌，以至成为清政府在鸦片战争中失败的重要因素。但是，我们知道，欧洲火炮的技术原理在 19 世纪中叶以前尚未进入后装线膛阶段，仍旧属于前装滑膛并使用球形弹丸的旧式火炮，这与当时的清朝火炮并无本质的区别。由此便存在这样一个问题：鸦片战争时清朝人士所谓西人船坚炮利的“炮利”二字应该作何具体解释，换言之，当时中西火炮技术的实质性差距究竟何在？关于这一问题，据笔者所知，迄今尚无人作过专题考察，本文在论述中西火炮技术发展演变及其互相交流等问题的基础上，对此给出一个答案。不当之处，请读者教正。

一

如所周知，人类各民族的文明史上都曾有过数千年的使用冷兵器的历史，只是火药发明以后，冷兵器才开始逐渐被火器所取代。火药是中华民族对人类文明发展的伟大贡献之一，马克思说过：“火药、指南针、印刷术——这是预告资产阶级社会到来的三大发明。”[①]中国不仅是火药的故乡，并且是最先把火药用于军事技术的国家，至少在公元 10 至 11 世纪的北宋年间便出现了早期的火器。而欧洲约在 13 世纪中叶经由阿拉伯人的中介才了解有关火药的知识，又过了约一百年时间，才出现使用火药的兵器。

中国早期的火器，可依据其性能、形制及问世的先后分作如下三类：第一，燃烧性火器，包括火药箭、火蒺藜之类，主要是利用火药易于焚烧的特性作为攻击手段，这种火器尚未脱离冷兵器时代的火攻技术范畴。第二，爆炸性火器，便是以陶罐或铁罐内贮火药，利用其爆炸后产生的碎片、火光以及声响打击对方，已是对火药的具有爆炸力这一主要特性的利用，因而属于根本不同于冷兵器的真正意义的火器。爆炸性火器始自宋、元时期的“铁火炮”（又名“震天雷”），是我国继火药之后在火器史上的又一重要成就 。

第三类是管形火器，即利用火药在管状器物内爆炸时产生的压力以抛射弹丸之火器，具有在远距离上以强大力量打击对方之特性，是火器的主体部分。中国的也是世界上最早的管形火器，被认为是出现于南宋末年（13 世纪中叶）的“突火枪”，不过它还是竹制的，而最早的金属管形火器则是元朝初年（13 世纪末至 14 世纪初）的“铜火铳”。[②]

我国元明两朝多把金属管形火器称为“铳”，清代才普遍有枪炮之名。这种名称上的变化在某种意义上反映着金属管形火器的形制性能演变发展的历史。所谓“铳”，字音同冲（去声），而“冲”则为一种动作之名，即强力冲击之意，而且是朝单一方向的冲击，这正是管形火器区别于燃烧性和爆炸性火器之特征所在。因此，“铳”当系金属管形火器问世初期人们根据其可

以使子弹朝单一方向强力冲击的动作形象，而对这种火器所取的名称。显而易见，既然早期的管形火器大都被名之“铳”，说明当时没有枪炮之分，只是一段能够以火药之力发射子弹的金属制管状物体。随着时间的推移，它逐渐朝小型和大型两个方向演化，为了区分这样两类管形火器，才出现了枪和炮的名称。实际上，枪、炮之名都是对冷兵器中一种兵器名称的借用。如所知道，所谓“枪”原本是一种长柄而一端有尖头的击刺兵器，其形状特点是细而长，可以在较远距离上进行直线攻击，显然在这方面作为火器的枪与它颇有相似之处。

汉语的“炮”字原作“砲”，在冷兵器时代有两层涵义，一是指一种大型攻城器具，即抛石机；一是指前者所抛射的石弹本身。[3]时至火器取代抛石机以后，砲的这两种涵义都被火器所继承。宋、元、明三朝的爆炸性火器，诸如作为手抛弹的“铁火炮”、“西瓜炮”、“荔枝炮”等，作为地雷、水雷的“石炮”、“石炸炮”、“海底龙王炮”等等[4]，便都是对以上炮字第二层含义的沿用，亦即指称弹丸本身（搞清这一点很重要，因为鸦片战争时期的火炮技术问题是与此密切相关的。详见下文）。至于管形火器朝大型方向发展后之所以被叫作“炮”，其原因更是不言自明，即显然由于这种火器以攻城利器而与抛石机的功用很是相似的缘故。

火炮与其他管形火器相比，因为口径大、身管长，可以多量装药发射较重弹丸，故有射程远、威力大的优点，以致成为海战中的唯一火器（在鱼雷和航空机出现以前），也在陆地战场上居于主导地位。中国的火炮，包括作为其前身的火铳，自问世伊始便是采用把铜或生铁熔液在模具中浇铸的方法制造的。而西方最早的火炮，却因为当时的欧洲人还不懂铸造技术和生铁冶炼技术，只能采用这样的方法加以制造：先把“块炼铁”——一种在低温中冶炼出的古代海绵铁[5]——锻打成铁条，再把铁条拼拢固定为一个圆筒，以此形成被叫作火炮的东西。恩格斯指出：“到 1350 年，火器已流传到西欧、南欧和中欧各国……那时，火炮是用锻铁条焊成圆筒，外面用大铁箍箍紧而制成的。”[6]显然，当时欧洲的火炮制造技术是远远落后于中国的。他们直到 15 世纪中叶左右才开始掌握生铁的冶炼和铸造技术，于是才能够把火炮“铸成一个整体”[7]。

西方在 15 世纪中叶以前的那种用锻铁条拼接而成的火炮，可从后膛装填弹药。然而这种后膛炮却是最落后的东西，因为它的闭气性能极差，炮弹不能获得足够的推力，只能有极短的射程。所以，当 15 世纪中叶西方火炮可被铸造成一个整体以后，解决了膛底密闭问题，后膛装填法便被先进的前膛装填法所代替。不过这前一种装填方法在 16 世纪上半期仍是欧洲火炮一大特征，因为此期内由葡萄牙人带到东方来的“佛郎机”炮，便是一种后膛装填弹药的火炮，只是装填的位置已不在炮尾即后膛底部，而在后膛的侧面，并且采用“子铳”预贮弹药，轮流装填。直到 17 世纪上半叶又经荷兰人传入中国的“红夷炮”（“红衣炮”），才是完全由炮口装填弹药的前装滑膛炮。

欧洲从 15 世纪中叶起采用铸铁技术制造炮身和炮弹以后，其火炮的性能威力有了较大提高，以至有西方学者认为：“铸铁技术的发明是促使黑火药兵器发展的最重大最突出的技术进步。”[8]但这里所说的发明及其意义是仅限于西方而言，因为中国早在一千多年以前的战国时期便掌握了生铁的冶炼和铸造技术。在 15 世纪中叶至 17 世纪前期这二百年间，欧洲的火炮技术发展较快，其中包括镗孔工艺的改进，身管的加长，管壁厚度的减小，并且给炮身加上炮耳和瞄准具，等等，致使中国在明朝嘉靖初年（16 世纪 20 年代）最初引入西方火炮时，被时人称为佛郎机铳的西式火炮便已被认为是优于中国火炮之利器。迄至明朝天启年间（17 世纪 20 年代）再引入红夷炮时，西式火炮更被看作威力无比的火器。

17 世纪初的西方火炮有三种类型，即加农炮、长炮和臼炮。所谓“加农”即“Cannon”，就是欧洲早期火炮之通称，不同于现代的身管较长、口径较小的加农炮概念。这时的加农炮，身管较短，其长度为口径的 15—28 倍，[9] 因而射程很近，有效射程最多不超过 700 码(约 640 米)[10]。而长炮，又称蛇形炮，即“Culverin”，是在早期加农炮基础上发展起来的长身管重炮，其身管长度为口径的 25—44 倍[11]，因此射程很远，有效射程最大已达 2000 码[12](约 1830 米，亦即近 4 华里)。我国明朝嘉靖初年引入的佛郎机炮及天启年间引入的红夷炮，就应分别属于上述加农炮和长炮。

《明史》记佛郎机炮：“铜为之，长五六尺，大者重千余斤，小者百五十斤，巨腹长颈，腹有修孔，以子铳五枚，贮药置腹中，发及百余丈。”[13]以上指出，这种火炮是欧洲早期后装炮的发展型，显然其优点是体重较轻，最轻者仅有 150 斤，另一优点是以子铳预贮弹药，不必临时装填，可加快发射速度。需要说明，关于“子铳”，有人解释为炮弹，这是不对的，实际上它是一种比“母铳”(火炮本身)身管细小一点的又一炮管，与母铳身管一起构成双重炮管。作为内重炮管，子铳可以随时在母铳上拆卸下来或安装上去，因此既可事先在其中装好弹药，起到铁质药包的作用，又能使母铳的身管厚度减小却不至炸裂，从而减轻火炮的重量。嗣后清朝主要轻型火炮之一的各种大小子母炮，便是根据佛郎机炮此种构造原理制造的。

然而，佛郎机炮的最大缺点是身管较短，因而不能有较远的射程，这正是欧洲早期加农炮的显著特征。对此，只须把它与红夷大炮对照一下，便可一目了然。《明史》记红夷炮之输入及其形制性能：“其后(指输入佛郎机炮以后——引者)，大西洋船至，复得巨炮，曰红夷。长二丈余，重者至三千斤，能洞裂石城，震数十里。”[14]由此观之，红夷炮身管长度达“二丈余”，而佛郎机炮的身管却只有“五六尺”(见上述引文)，前者约为后者的四倍，其射程之远，威力之大，便是理所当然的。同时，身管长大，其炮体重量亦必相应增大，否则难以保证炮身的结构强度，红夷炮重至三千斤，佛郎机炮最重只有一千余斤。因之，炮体笨重是红夷炮又一特点，也是其缺点所在。但射程远，威力大的优点却使它能够压倒佛郎机炮而后来居上，正如时人所谓：“今红夷铳法盛传中国，佛郎机又为常技矣。”[15]显而易见，红夷大炮作为长身管、远射程的重型火炮，与上述西方同时期的“长炮”是属于同一类型的。

西方在 17 世纪时的火炮，除了加农、长炮两种类型以外，还有一种是臼炮。这是一种口径极大而身管极短的火炮，在近距离上以大仰角发射弹体至重之球形弹。如果说其他两类火炮也同样使用球形实心弹，那么臼炮则不仅使用石质、铁质实心弹，而且能够发射一种铁壳而内贮火药的炮弹，即空心爆炸弹。爆炸弹又称“榴弹”(但不同于近代意义的榴弹，详后)，是与实心弹有着本质区别的威力最大的炮弹，其发明权属于中国。如上所述，我国宋元时期即已使用爆炸性火器——“铁火炮”即“震天雷”，此后各种爆炸性火器纷纭缤呈，组成一大族类，在明末茅元仪著《武备志》等书中记载备细。恩格斯说：欧洲人原来并不知道爆炸弹的制造方法，“这方面的知识可能就是从他们(指中国人——引者)那里传到欧洲各国的。”[16]所以爆炸弹应该是继火药之后，中国传入西方的又一重要的军事技术。当然，爆炸性火器与作为炮弹的爆炸弹，二者并非完全等同，但它们之间存在着密切的渊源关系，即前者是后者的基础，这是毫无疑义的。欧洲人关于爆炸弹方面的知识可能是得自我国的早期爆炸性火器，而不是直接仿效明朝中期开始出现的以火炮发射的爆炸弹，因为他们在 16 世纪以前，似乎已经有了这种炮弹。不过无论如何，西方的爆炸弹技术应该起源于中国。况且，中国明朝弘治年间(1488—1505)已在传统爆炸性火器的基础上发明了被称为“毒火飞炮”的爆炸弹，这一时间至少不晚

于西方。

总而言之，迄至17世纪前期，中国和西方的火炮技术都各自经历了一个由简单到复杂、从低级到高级的发展演变过程，而且彼此之间进行了交流，这对于双方都起到了促进和提高的作用。

二

在公元16世纪末和17世纪前期，欧洲前装滑膛炮的技术水平已经发展到成熟阶段，从这时直到二百年后的19世纪中叶，这种火炮的构造原理和形制性能都没有再发生大的变化，充其量只有一些细节性的改进而已。

炮口装填弹药及管壁光滑而无膛线，这种基本的技术原理决定了当时火炮在发射速度、射击精度及射程方面，不可能有决定性的进步与提高，无论是17世纪以后的西方火炮，还是清代前期的中国火炮，都是如此。

譬如，就发射速度而言，当时炮手在射击时都必须经过如下操作程序：首先根据射程的需要，把一定数量的火药粉用小铁铲从木桶或麻包中取出自炮口倒入膛底，——欧洲的要塞炮在17世纪以后采用纸质药包，而野战炮仍使用散装火药[17]——然后以铁杵或木棍将装入的火药捣实，再把球形炮弹从炮口装入，置于火药上面，最后是点火。点火方法也不简单，须先将少量引火药即“烘药”(也是黑火药，唯硫磺比例稍大)置入位于后膛上方的火门内，再把燃烧着的火绳杆插进火门，才最终完成一次发射操作。如此繁杂的操作程序，注定使发射速度十分缓慢，而不可能有显著提高。当然，英国人在鸦片战争时在海军炮上采用了燧发机点火方法，但也仅仅是以燧石的火花取代了火绳杆，其余程序则依然如故。这种射速缓慢情况只有在火帽(雷管炸药)和金属弹壳整装弹发明并应用于火炮之后，才会有根本的改变，而这却是19世纪中叶以后的事情。[18]

再就射程和射击精度看，恩格斯在《炮兵》一文中指出：19世纪中叶以前的欧洲火炮，“野炮的有效射程不超过1400码或1500码，而且在这样的距离上，6发或8发炮弹中也可能只有1发命中目标”，“加农炮能起决定性作用的距离是600码到1100码”[19]。由此可知，当时欧洲前装滑膛炮的有效射程一般在600码至1500码(即约550米至1370米)之间，这与上述17世纪加农炮和长炮的射程极其相似，或者说没有任何提高。英国现代军事理论家富勒(J. F. C. Fuller)也认为在18世纪末和19世纪的初期的西方火炮之最大射程只有1300码(约1190米)，而且杀伤率很低。他说，在1792年9月26日法国革命军与普鲁士军队进行的一次大规模炮战中(即“法尔梅炮战”，“The Connonade of Valmy”)，双方动用百余门火炮，“都消耗了两万发以上的炮弹”，但“双方的死伤却极为轻微”，其原因主要是“当时的火炮射程太有限，只有一千三百码”[20]。

那么，同一时期中国清朝火炮的射程和射击精度方面的情况又是怎样的呢？由于缺乏这方面可令人放心而不至有所疑虑的充分史料，尚不能十分准确地加以判断，但有一点可以肯定，这种情况与以上同时期西方火炮的这方面情况相比，不会有太大差距。其理由，一是为前装滑膛炮的共同原理所决定，二是有鸦片战争时期民族英雄关天培的下述一段话为据，他说：当时虎门炮台“五千斤以下炮位，炮子及远自一百余丈至二三百丈不等，力量尚薄，必须六千斤以上大炮，方能致远摧坚。”[21]关天培在这里所说有关清朝火炮射程方面的数据，应该

是非常可信的，因为他当时作为广东水师提督，亲自担任镇守虎门各炮台的最高指挥官，为了确保不使敌船闯入水道，事先必对各台炮之射程作过比较精确的测量。据此以观，既然五千斤以下的中小型火炮射程在100—300丈之间，而六千斤以上重炮射程则在300丈以上，按清朝长度单位1丈折合3.2公尺，300丈便是960米，因此，认定当时中国火炮的有效射程最大在1000米以上，应该是没有疑问的。——关天培所说“致远摧坚”一语，可理解为有效射程。不言而喻，这与同时期欧洲火炮的射程范围是在同一层次上，二者间决不会有明显的差距。我们不可将19世纪中叶以前的西方火炮想像得如何进步，以为它会比当时的中国火炮如何高明，其实在今天看来，那时的中西火炮都是十分落后的东西，都与17世纪的“红夷大炮”没有本质的不同。

美国学者T.N.杜普伊认为：“17世纪，炮的生产技术进步如此之大，以致于后来将近两个世纪的时间里，炮的射程、威力以及炮的主要型号，基本上没有大的改变。”[2]他还说：“迟至1860年，实际服役的舰炮与三个世纪前使用的大炮在主要方面并无区别。例如，英国皇家海军1840年装备的最重的68磅级滑膛炮，基本上和伊丽莎白女王时代(即16世纪末和17世纪初——引者)的海军炮一样笨重而且后坐猛烈。”[3]这也就是说17世纪的“红夷炮”即欧洲长炮类火炮，在形制性能、构造原理上已经达到前装滑膛炮发展演变的最高阶段，此后直到后装线膛炮问世以前的二百年间只是对这种炮的继续沿用，没有再发生实质性的变化。但这并非说没有任何变化，事实上在这两个世纪中，中国和西方的火炮都是朝着改善机动性的方向，逐步发生着变化，以适应陆上野战的需要。

以上指出，17世纪的“红夷大炮”虽然具有射程远、威力大的优点，但其最大缺点是炮身笨重，难以移动，一般只适于攻城或守城之用，缺乏机动性。为了使它在野战中成为克敌制胜之利器，中国从康熙年间就致力于“红衣炮”的小型化和轻型化，以此衍生出清代前期名目众多的大小各类火炮。成书于乾隆末年的《皇朝文献通考》中载有康熙以来所造各种火炮，其名目达85种之多，其中主要是红夷炮及其在提高机动性方向上的发展型。

根据上述《清文献通考》及《清通典》等史料看，清代前期诸多名目的火炮不外以下四种类型：其一，长管重炮，包括著名的“神威无敌大将军”、“神威大将军”、“武城永固大将军”等，其重量自560斤至7000斤，身管长度自0.73丈至1.2丈，管长与内径之比皆在20以上。显而易见，这种火炮就是明末清初的红夷大炮原型，但可能在制造工艺，加工精度方面有所改进。其二，身管较短的轻型炮，包括“神威将军”、“制胜将军”、“金龙炮”、“龙炮”、“子母炮”、“奇炮”等，这类炮品种最多，其中除了子母炮和奇炮是后膛装填的佛郎机炮仿制型以外，其余均与红夷炮形制相同，属于红夷炮发展型，即身管较短，重量较小，其身管长度自0.5丈至0.57丈，重量皆在500斤以下，一般小于390斤，最轻者仅36斤。第三类是身管最短而口径最大的轻型炮，此类炮只有名作“威远大将军”又名“冲天炮”一种，长0.21丈，重285斤至300斤，发射重达30斤的空心爆炸弹。这种炮与西方臼炮极为相似，但文献中不见从西方输入此炮的记载，故其来源可能有二，一是清朝在明代发射爆炸弹的“飞云霹雳炮”等火炮基础上的发展，二是由南怀仁、傅作霖、蒋友仁等精于造炮的西洋传教士根据其记忆而在中国所造。第四种类型是身管最短且口径亦小的轻型炮，包括“威远炮”和“铁虎尾炮”等，其长度自0.177丈至0.30丈，重量最大170斤，最小只有27斤[4]，显然，这种重量极轻的火炮就是清军在鸦片战争中所较多使用的“抬炮”。——“抬枪”则应是鸟枪的改制，二者并非一物。

从康熙十四年(1675)至雍正五年(1727)，清政府共铸造了以上四种类型火炮计有965

门，[25] 其中第一类长管重炮为 293 门，[26] 约占总数 30%，其余占总数 70%的 672 门火炮，均属另外三类短管轻炮，充分说明清代前期的中国火炮是在红夷炮基础上朝着改善机动性方向发展的事实。

欧洲火炮在 17、18 两个世纪中，同样也主要是在提高机动性的方向上进行了一系列的改进。这种改进的主要时期及其代表人物如下：首先，瑞典国王古斯塔夫·阿道夫(GustaVus Adolphus，1594—1632)在“三十年战争”(1618—1648)期间使以往一般只能用于攻城的重炮分化出较轻的野战炮和团属炮(Regimental)，并致力于火炮口径、炮弹重量及装药量的标准化，而且他还采用了纸质药包(只能用于要塞炮)。其次，普鲁士国王弗里德里希二世(Frederick ，1711—1786，即“菲特烈大帝”) 在“七年战争”期间(1756—1789)，进一步实践了古斯塔夫的野战炮兵理论，“设法提高炮兵的机动性，使炮能够随着部队的进攻而向前推进，为步兵和骑兵提供不间断的炮火支援”。[27]。再次，法国炮兵总监葛里波瓦尔(Cribeanval，1715—1789)于 18 世纪后半叶，在弗里德里希二世的影响和启发下对野战炮又一次作了提高机动性的技术变革，主要以缩短炮管长度的办法来减轻整个炮的重量，同时增大车轮炮架的直径，使之更适于运动，从而为拿破仑战争中大规模使用炮兵奠定了基础。

要而言之，从 17 世纪到 19 世纪前期，无论是中国或西方的火炮都是在加强机动性方面进行着发展演变，但在作为前装滑膛炮的基本原理及由此决定的发射速度、射程以及射击精度等火炮性能方面，却没有也不可能出现决定意义的进步。中国既然已在明末清初引进了欧洲 17 世纪最先进且最具威力的火炮(“红夷炮”即长炮)，那么迄至 19 世纪中叶，中国清朝与西方的火炮技术水平之间便不会存在实质性的差距，这是显而易见的道理。

然而，鸦片战争时期又的确存在着彼我火炮技术上的显著差距，亦即存在英人以其“炮利”优势取胜于我的事实，对此又该如何解释和说明呢？

三

虽然，鸦片战争时期的中西火炮都是发射球形炮弹的前装滑膛炮，二者在构造原理、形制性能上没有决定性的差别，但在火炮的制造工艺方面却有相对而言的精密与粗糙之分，因此在一定程度上影响着火炮性能的优劣。

当时清朝火炮有一严重缺点是“炮形极大，炮口极小”，[28]这是道光二十一年初琦善在广州前线给朝廷的奏报中说的一句话。他这里显然指的作为炮台炮的长管重炮，说它们尽管形体庞大，但因为膛口即炮口内径尺寸却很小，故而不能发射较大弹丸予对方以沉重打击。清朝大型火炮的这一缺点是有普遍性的，我们从英国侵略军的有关记述中也可以看到这一点。1842 年 6 月，英军攻占我吴淞炮台后曾有这样一段记载：“吴淞炮台一共配备有 253 门大炮，其中有 43 门是铜炮。有一些炮很大，炮身长达 11 英尺，重达 7280 磅。这种炮和我们的 68 磅弹炮一样重，而他们的炮弹大约只有 24 磅重。”[29]我们知道，实心弹的破坏作用完全取决于它飞出炮口后所具动能的大小，而动能则由炮弹的质量即重量与初速平方的乘积来决定，在初速一定的情况下，炮弹的重量愈大，其打击力就愈大。既然清朝的五千斤级大炮只能使用 24 磅弹 (英制 7280 磅约合中国清代重量 5538 斤)，而同样重量的欧洲火炮却使用 68 磅弹，相形之下，我炮之打击力自不如彼。

需要指出，鸦片战争期间时人有我炮炮子被“碰回”之说，指的是我炮射出之弹不能击穿

英舰板壁。其中原因并非我炮之构造原理与基本性能如何落后，而正是因为炮弹重量不够的缘故。须知，当时的西方木帆船战舰，其甲板和舷侧护板一般是按照能够抵抗最重的实心弹、即 68 磅弹的冲击而设计制造的，但是此时清朝所有炮弹最大不超过 37 磅，因而难以破坏彼舰之板壁。——道光二十年八月(1840.9)直隶总督琦善向朝廷报告侦察英舰情形称，英舰上有炮弹"重至二十八斤者，转为我军所未有"云云。[30]，足见清军炮弹没有大于 37 磅者(清制 28 斤约合英制 37 磅)。

何以同样重量的大炮，中国的炮弹型号却比西方小得多？原因就是大炮膛口细小，不能容纳多量装药和较大弹丸的缘故。而膛口即内径之所以细小，则因为管壁太厚，在口径一定的情况下(口径等于膛口尺寸加管壁厚度[31])，管壁愈厚，膛口便愈小。清朝大炮管壁厚重而膛口细小的缺点，由来已久，譬如康熙十五年(1676)所造著名的的"神威无敌大将军"，口径 1 尺，膛口只有 3 寸 7 分[32]。这在公元 17 世纪时固然是可以理解的，且同时代的西方大炮即"红夷炮"也同样如此。但时至 19 世纪前期，欧洲的造炮工艺已经比 17 世纪进步许多，其对铸铁炮管之膛口进行镞、镗、磨、削加工，不仅在操作技艺和工具方面比较高明，而且经过较为精密的测量与计算，故而其口径与膛口的尺寸之间可以有一个合理的比例关系。而清朝的造炮工艺却依然如故，甚至在有的省份"铸炮之法，业已失传"，战事突起，临时仓促招募之匠工，"非强作解人，即不求甚解，致同筑室道谋，而不研究精微"。[33]在这种情形之下，又谈何改进工艺，又怎能使大炮的各项尺寸保持一种比较精确的比例关系？于是，为了防止身管炸裂，只好将管壁造得厚实一些，遂使用来容纳弹丸和装药的剩余空间即膛口变得很小。

制造工艺的粗糙，导致清代前期的中国火炮只能以大炮而使用较小之弹，这在一定程度上影响了大炮的威力，使当时同属前装滑膛炮的中西火炮性能存在某种差距。然而这种差距却并非实质性的，而只能属于数量意义上的，因为西方火炮的级别也有多种，包括发射 12 磅、24 磅、32 磅以及 68 磅弹的各种级别火炮，亦非都能使用最重的 68 磅弹，清朝的大炮虽不及西方 68 磅级炮之威力，但对于彼之中小型火炮至少可以不相上下。是故鸦片战争时英国军队非但不曾把中国的火炮视同无物、嗤之以鼻，反而颇有畏惧之感，在他们的记载中可屡见其惊呼中国炮火"猛烈"、"厉害"等字句，并称赞中国的许多火炮"都是造得很好的"，尤其是铜质大炮。[34]所以，在 19 世纪中叶以前，中国与西方的火炮技术尽管在制造工艺方面有些差距，但这也不能成为彼此之间的决定性差距，不会因此而使当时的清朝人士普遍产生关于西人"炮利"的强烈观念。那么，此种观念之所以产生的主要原因何在，换言之，当时中西火炮技术上的主要差距究竟是什么呢？这个问题的答案并不在火炮本身，而在炮弹方面。

自从金属管形火器出现后迄至 18 世纪晚期，中国和西方都发展使用了三种炮弹，即球形实心弹、霰弹和空心爆炸弹。其中，实心弹(ball)使用范围最广，数量最大，因为它制造简易，成本低廉，且不论长短轻重火炮均可使用，特别是用长管重炮发射时可以达到另外两种炮弹所远不能相比的距离。霰弹(grape)，即"群子"，由小铁丸之类构成，由炮口射出后，散布面积广，对近距离集群目标施行杀伤颇有效力，清代前期的短管轻型火炮如威远炮、子母炮、劈山炮，都曾被用于发射霰弹，但自乾隆中叶以后似乎只以劈山炮作为霰弹专用炮。曾国藩称劈山炮之发射群子："喷薄而出，如珠如雨，殆无隙地，当之辄碎，不仁之器，莫甚于此矣。"[35]但由于霰弹弹丸重量轻，且一般只能用身管较短的火炮发射，故其缺点是射程不远。

空心爆炸弹(Shell)，又称榴弹，击中目标时具有巨大的威力，是其显著特点。如果说实心弹的威力仅在由动能产生的冲击作用，那么爆炸弹则不但拥有这种冲击力量，同时还拥有由

弹体内的火药化学能所产生的爆炸力，即冲击波和弹壳碎片所生破坏作用。因此这是一种比实心弹更能充分利用火药爆炸力的炮弹，代表着炮弹的发展方向。以上指出，爆炸弹的发明权属于中国。《清文献通考》详细记有“冲天炮”所用爆炸弹的有关情况：“生铁弹，重二三十斤，大如瓜，中虚仰穴，两耳铁环，其法：先置火药于铁弹内，次用螺蛳转木缠火药捻……入于弹内，下留药捻一二寸以达火药，上留药捻六七寸于弹外”，“临时施放，先点弹口火药捻，再速点火门烘药。”[36]足见清代前期中国制造爆炸弹技艺之精妙。但是，对于此种爆炸弹的使用，在19世纪以前，无论是中国或西方都受到很大限制，不能广泛而大量地制造以取代实心弹。其原因，一是制造技术复杂，且费用较高；二是使用困难且危险，具体说便是弹口火药捻之长度颇难掌握，须根据射程需要，留得恰到好处，否则，要么落地不炸，要么未达目标甚或在膛内即行爆炸；三是射程较短，亦即由于这种炮弹体积较大，且必置于炮口以便点燃药捻，而弹体又须与膛内发射药紧密接合，故此只能以口径极大而身管极短的“冲天炮”之类短管炮发射之，不言而喻，炮管愈短，炮弹所能达到的距离就愈小。

要之，19世纪以前的霰弹和爆炸弹都有一个共同的缺点，便是只能用短管火炮发射，不能被用来打击远距离目标，再加上其他原因，致使它们不曾动摇球形实心弹在战场上的统治地位。

然而，18世纪末或19世纪初欧洲人却在霰弹和爆炸弹技术方面取得重大突破，使它们可以被发射到如同球形实心弹一样远的距离，因此宣告了球形实心弹时代的即将完结，以至使木帆船战舰的历史也将成为过去——木制战舰的甲板和舷侧护板虽然可被设计得足以抵抗最重的实心弹的冲击，但在爆炸弹面前却注定要被击得粉碎。

1784年(一说1803年)英国炮兵军官亨利·施拉普耐尔(Henry Shrapnel，1761—1842)发明了“榴霰弹”。这种霰弹不像以往的霰弹那样一出炮口即飞散开来，而是被装在一个空心弹壳内，弹壳内同时装有爆炸药，并且装有一个可保证在目标上空准时起爆的时间引信。它兼有霰弹和爆炸弹双重性能，更重要的是，由于时间引信这一关键性技术部件，克服了以往爆炸弹因药捻长度难以掌握所致早炸或迟炸的缺点，以此可以被装入长管重炮的膛底，而不是只能被置于炮口以短管炮发射，于是便可以具有与球形实心弹相同的射程。恩格斯对榴霰弹的发明曾予以很高的评价，认为：“这种炮弹使炮手可以在过去只有使用球形实心弹才能达到的距离上进行霰弹射击而取得预期的效果。”[37] 西方资产阶级军事学家约米尼在其成书于1835年的《战争艺术》中也指出：“最近二十年的新发明……使毁灭的方法以惊人的速度趋向于完满的标准”，“使用榴霰弹的榴弹炮，可以一连串地进行发射，其射程和子弹(指球形实心弹——引者)一样远，其威力可以相当于一个营的兵力。……一营步兵会在未与敌人接触之前，就先为敌人所歼灭。”[38]据此以观，榴霰弹的出现是自17世纪以来火炮技术发展史上的首次重大变革，使炮弹的性能与威力产生了一个飞跃性的进步。特别是其中装有起爆药的时间引信(起爆信管)，既可用于榴霰弹，又可用于弹壳内不装霰弹子的普通爆炸弹，从而使一般的球形弹都可被装入炸药，却不再有射程短和使用困难且危险的缺点。这种新式爆炸弹，包括榴霰弹，就是鸦片战争时英人“炮利”的秘密所在。

在战争中，当尚未深入了解敌方火炮的构造原理的时候，所能直接感受到的就是他们射来的炮弹的威力。鸦片战争中英方虽然仍在使用球形实心弹，但已大量使用新式爆炸弹，可以用普通的前装滑膛炮从兵舰上发射到相距较远的我方炮台，炸裂四散，致守台将士多数伤亡，炮台因此不守，给清朝官员留有强烈印象，关于英夷炮利之说，正是由此而生。对此，魏

源在《筹海篇》中的以下一段论述最具说服力。他说，英人的其他一切概不足惧，我都有切实的办法对付他，但是，魏源指出：

“然有一宜防者则曰‘飞炮’，非谓悬桅上之号炮，而谓仰空堕弹之炸炮也。我之炮台虽坚，而彼以飞炮注攻，炸裂四出，迸射数丈，我将士往往扰乱。……厦门则以飞炮而众溃，宝山则又以飞炮而众溃”，“由此观之，夷之长技曰飞炮。”[39]

这里，他至少是认为，当时英人在火器方面唯一能制胜于我的长技，就是“飞炮”。所谓飞炮或炸炮，并非指某种火炮，其实指的就是包括榴霰弹在内的新式爆炸弹。前文说过，我国元朝时期的爆炸性火器，诸如可归于手抛炸弹类的“铁火炮”，可归于地雷、水雷类的“石炸炮”、“海底龙王炮”等，其名均作“炮”，却不是火炮，而是炸弹本身。而且明朝弘治年间发明的用火炮发射的爆炸弹，其名亦作“毒火飞炮”。凡此，均属对汉语“炮”字第二层含义（弹丸本身）的运用。飞炮，我国既古已有之，何以魏源以之为“夷之长技”呢？显然是因为这时英人使用的飞炮已不同于我国古之飞炮，而是可以从远处射击，“炸裂四出，迸射数丈”的新式飞炮——新式爆炸弹。

道光二十一年正月（1841.1），琦善在奏报虎门炮台失守情形时说：“计该夷水战之具，船只则大小悉备，火器则远近兼施，更有所谓飞炮者：子内藏有火药，所至炸裂焚烧，又有炮内尽属铁片……一经散放，约及数十丈广远，而台内台外同时被焚。”[40]不言而喻，这里所说的飞炮，也同样指的是包括榴霰弹在内的新式爆炸弹，其中“炮内尽属铁片”者便专指榴霰弹而言。琦善的这段话也明显是把英人的“飞炮”认为是彼之火器长技所在。

时至同治初年，这种新式爆炸弹仍被李鸿章誉为洋人长技之精华，有所谓“其落地开花弹，真神技也”的由衷赞叹。[41]。不过，这时的落地开花弹与前此的飞炮已有所区别，便是前此爆炸弹的引爆信管属于时间引信，一般在目标的上空炸裂，而这时的爆炸弹又使用了着发引信，亦即撞击目标时起爆，因此称之“落地开花”。

总而言之，中国的火炮技术在19世纪以前并未落后于西方，但由于18世纪末以后欧洲在爆炸弹方面取得重大的技术突破，遂使鸦片战争时的双方火炮技术存在某种实质性的差距，以至成为导致清政府所以败绩之一重要原因。孔子曰，“工欲善其事，必先利其器”，在如何利器的问题上，关键性的技术发明是应该被高度重视的。

---

①马克思《机器·自然力·科学的应用》。

②关于“突火枪”、“铜火铳”，有关著作中多有介绍，这里不再重复。

③见《汉语大字典》，“炮”字条。

④参见刘旭《中国古代兵器图册》（书目文献出版社，1986）等书。

⑤北京钢铁学院《中国古代冶金》，文物出版社，1978，页49。

⑥、⑦、⑯、⑰、⑲恩格斯《炮兵》，《马恩全集》第14卷。

⑧[美]T.N.杜普伊《武器和战争的演变》，军事科学出版社，1985，页117。

⑨、⑩、⑪、⑫数据均见注⑧一书页130—131。

⑬、⑭《明史》卷92，兵志4。

⑮《皇明世法录》卷82。

⑱雷管和金属弹壳虽在19世纪前半叶已经发明，但正式被用于火炮，却是该世纪60年代初以后的事情。

⑳见[英]富勒著《西洋世界军事史》（Ⅰ），台湾军事译粹社，1976，页289—290。

㉑关天培《会奏筹议增建炮台添铸炮位折》，《鸦片战争》资料丛刊第1册，页200。
㉒、㉓、㉗同注⑧，页128—129，页215，页193。
㉔以上数据均见《清朝文献通考》卷194，兵考16，军器；又见《清朝通典》卷78，兵11。
㉕、㉖、㉚《清朝文献通考》卷194，兵考16，军器。
㉘道光二十一年正月初八署两广总督琦善奏，《(道光朝)筹办夷务始末》卷21。
㉙中科院上海历史所《鸦片战争末期英军在长江下游的侵略罪行》，上海人民出版社，1958，页228。
㉚琦善奏查询英国各情形折，《(道光朝)筹办夷务始末》卷15。
㉛这里的"口径"与现代火炮的"口径"概念有所不同。
㉝道光二十一年三月两江总督裕谦奏，《(道光朝)筹办夷务始末》卷28。
㉞限于篇幅，这里不一一举证。有兴趣者可见《鸦片战争》资料丛刊第5册，"英军在华作战记"；《鸦片战争末期英军在长江下游的侵略罪行》。
㉟曾国藩《求阙斋日记类抄》卷上，页39—40。
㊲恩格斯《霰弹》，《马恩全集》第14卷。
㊳[瑞士]A. H. 约米尼著、纽先钟译《战争艺术》，战士出版社，页30—31。
㊴魏源《筹海篇》，"议守"上。
㊵道光二十一年正月十八署两广总督琦善奏，《(道光朝)筹办夷务始末》卷22。
㊶见《李文忠公全集·朋僚函稿》卷1，页20。